

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-281089

(43)公開日 平成8年(1996)10月29日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

B 0 1 F 7/16

識別記号

庁内整理番号

F I

B 0 1 F 7/16

技術表示箇所

F

L

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平7-108235

(22)出願日

平成7年(1995)4月9日

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72)発明者 弥富 隆一

愛媛県東予市今在家1501番地 住友重機械  
工業株式会社東予製造所内

(72)発明者 倉津 正文

愛媛県東予市今在家1501番地 住友重機械  
工業株式会社東予製造所内

(72)発明者 佐藤 仁美

愛媛県東予市今在家1501番地 住友重機械  
工業株式会社東予製造所内

(74)代理人 弁理士 染川 利吉

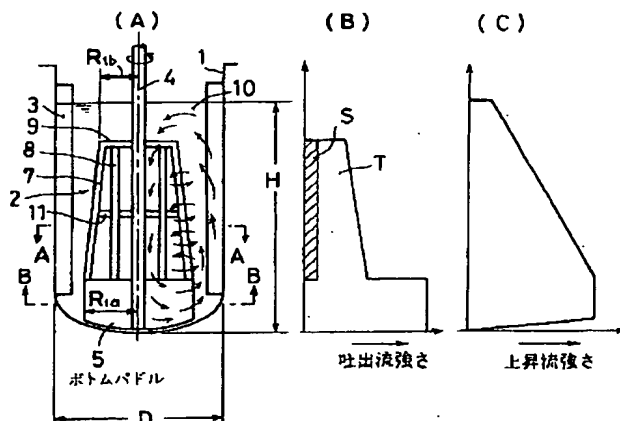
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 縦形攪拌機

(57)【要約】

【目的】液深Hと槽内径Dの細長比 $H/D$ が1.5以上或いは粘度領域が $2.0 \sim 3.0 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上となっても副循環流の発生を防止し、低回転数で強い攪拌力を得ることができ、また混合時間も短縮できる縦型攪拌機を提供する。

【構成】縦形円筒形の攪拌槽の中心に槽外から回転可能な回転軸を配置し、該軸の下部に、前記攪拌槽の底壁面と僅かな間隙を有して平板状のボトムパドルを装着し、前記ボトムパドルの上側に縦材と横材を格子状に組み合わせた格子翼を装着し、前記攪拌槽の側壁面に、上下方向にのびる複数本の邪魔板を周方向に間隙を有して固着し、前記格子翼の外側部を全体として上方が先細形となるようにその下部から上部にかけて傾斜させた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 堅形円筒形の攪拌槽の中心に槽外から回転可能な回転軸を配置し、該軸の下部に、前記攪拌槽の底壁面と僅かな間隙を有して平板状のボトムパドルを装着し、前記ボトムパドルの上側に縦材と横材を格子状に組み合わせた格子翼を装着し、前記攪拌槽の側壁面に、上下方向にのびる複数本の邪魔板を周方向に間隙を有して固着し、前記格子翼の外側部を全体として上方が先細形となるようにその下部から上部にかけて傾斜させたことを特徴とする堅形攪拌機。

【請求項2】 前記格子翼は、下端が前記ボトムパドルの外側部に接し、かつ、上端に向うにつれて連続的に回転半径が減少した外側傾斜縦材と、前記回転軸と平行で回転半径が一定の内側縦材とを有することを特徴とする請求項第1項に記載した堅形攪拌機。

【請求項3】 前記ボトムパドルの回転径（直径） $D_1$ を前記攪拌槽の内径（直径） $D$ の $0.5 \sim 0.9D$ としたことを特徴とする請求項第1項または第2項に記載した堅形攪拌機。

【請求項4】 前記攪拌槽は、その液深を $H$ 、内径（直径）を $D$ とすると、 $H/D > 1.5$ であり、前記格子翼の上端の回転径（直径） $D_2$ を $0.3 \sim 0.7D$ としたことを特徴とする請求項第1項～3項に記載した堅形攪拌機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、各種の流体、半流体、粉体等の槽内攪拌に用いられる攪拌装置、特に、液深 $H$ と槽内径（直径） $D$ との比が $1.5$ 以上の高液深タイプおよび粘度領域が概略 $2.0 \sim 3.0 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上である高粘度タイプの堅形攪拌機に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 この種の堅形攪拌装置は一般に、攪拌槽内の中心に攪拌翼をもつ回転軸を外部から回転させ、回転する攪拌翼と、その回転により発生する流体の流動の相互作用により流体の均一混合を行うものである。また、槽内壁には槽内液と前記攪拌翼との共廻りを防止すると共に流体の回転流動を上下流動に変換させるために、通常、槽内径の $5 \sim 15\%$ 幅の邪魔板（バッフル）が2～4枚以上周方向に離隔して取り付けられている。

【0003】 従来、堅形攪拌装置においては、攪拌槽を高圧容器とした場合の槽板厚負担の低減および反応容器を兼ねる場合の伝熱面積の増大を図り、かつ、大形槽でもできる限り設置面積を小さくするために、槽内径 $D$ に対し槽の高さを大とした高液深タイプ（液深 $H$ /槽内径 $D$ が $1.5$ 以上）のものが知られている。このような高液深タイプあるいは被処理流体が高粘度流体の場合は、攪拌力を強化するために翼の回転数の増加、攪拌翼の大形化が行われている。

【0004】 従来のこの種の堅形攪拌装置としては、狭

幅の横板を複数枚上下に離隔して回転軸に装着した多段パドル型翼をもつもの、あるいはパドル型と格子翼を組み合わせた大形翼としたもの、その他大形の杵状翼を有するもの等が知られている。

【0005】 図2（A）はパドル型と格子翼を組み合わせた従来の堅形攪拌翼の1例を示したものであり（特公平1-37173号公報）、円筒形の攪拌槽1の中心に回転軸4が上方へ突出するように設けられ、この回転軸4に該槽1内の処理物（被攪拌物）10に全体が浸漬する如く攪拌翼2が固着されている。また、攪拌翼2の回転に伴う処理物10の上下循環流（後述）を良好にするために槽内側壁に複数本のバッフル3が設けられている。攪拌翼2は回転軸4の下部つまり槽底壁に近接する平板状のボトムパドル5と、ボトムパドル5の上端に該パドル5の回転半径と同じ回転半径をもつ格子翼とを有する。この従来例の格子翼は一对の外側縦材7と一对の内側縦材8とこれらの縦材7、8を連結する上部横材9および中間横材11によって構成されている。 図3

（A）の従来例は、前述した図2の攪拌槽1と同じ内径 $D$ をもつ攪拌槽1に対して攪拌翼2の回転半径 $R_2$ を図2の例よりも大としたタイプのものである。ボトムパドル5と前記格子翼とを結合した図2の攪拌翼2を、ここではパドル・格子結合攪拌翼と称し、これに対し図3のものを大形結合攪拌翼と称することとする。

【0006】 また、図4（A）に示すものは特開平4-346826号公報に記載された杵状翼タイプの攪拌機であり、両側の縦材13を上下横材14、15で連結して杵状翼12とし、この杵状翼12の上下横材14、15を、円筒状の攪拌槽1の中心に配置された回転軸4に固着した構成としている。両側の縦材13は下端から上端にかけて回転半径が連続的に小さくなるように傾斜され、槽内壁には両側縦材13の傾斜外側部と略平行になるように傾斜した複数本のバッフル3が取り付けられている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上述した高液深タイプの堅形攪拌装置の場合、槽の実効内部高さが槽内径より大きくなる（ $H/D > 1.0$ ）につれて処理物の槽内流動において、均一混合を疎外する副循環流の発生（液滞留部や凝縮物の発生をきたす）あるいは共廻り現象の増加等が生じて混合性能が低下するという問題がある。例えば前述した多段パドル型翼の場合、槽内に不連続に位置する翼が引き起こす個々の流れの相互干渉のため、槽底から液面までを全体として単一流動で循環させるのが困難となり、混合性能が著しく低下する。

【0008】 また、図2あるいは図3に示すような結合翼あるいは大形結合翼を用いた攪拌装置の場合、下部ボトムパドル5からの液の吐出流が槽内全体にわたる上下循環流を引き起こし、多段パドルよりは優れた混合性能を示すものの、この従来例の構造では液深 $H$ と槽内径 $D$

との細長比 $H/D$ が1.5以上になると、液が槽壁を上昇する際に循環流の流速減衰が起こり、槽内全体にわたる上下循環流の形成が困難となり、やはり混合性能の低下は否めない。

【0009】また、前述した特開平4-346826号公報の平板状あるいは棒状の攪拌翼を有する攪拌装置の場合、攪拌翼12の回転半径を槽1の下部から上部に到るに従い連続的に減少させ、逆にバッフル3の板幅さを槽1の下部から上部にかけて連続的あるいは段階的に増加させて、底部回転半径の大きい攪拌翼12とバッフル3との相互作用により、循環上昇流の強化により槽内全体に及ぶ上下循環流の形成と短絡流の減少を図っているが、この場合の実例は高々 $H/D=1.5$ であり、 $H/D>1.5$ となった場合にも有効かどうかは明らかではない。

【0010】一方、高粘度液体の混合の場合、槽内の液流動が主循環流と副循環流に別れてしまうことがあり、この副循環流内に液滞留部が発生し易いという問題がある。この副循環流は、低粘度流体でも翼形状と回転速度の相関によって生じることがあり、副循環流の発生により混合時間の遅れ、凝集物/付着物の発生があり、攪拌性能の低下、延いては製品の品質低下、槽内洗浄回数の増加等による生産効率の低下の原因となっている。

【0011】また、一般に上下循環流の強化、吐出流の強化を図るため攪拌翼の回転数を増加させた場合、共廻り現象の増加や局所的高剪断場による過剪断あるいは剪断凝集物の形成が起こるため、回転数の極端な増加は望ましくない。さらに後述する如く、上述した従来の攪拌装置はいずれも、細長比 $H/D$ が大となると回転数の増大を必要とし、また、局所的に副循環流が発生し、混合効率が低下する問題があった。

【0012】そこで本発明は、細長比 $H/D$ が1.5以上或いは粘度領域が $2.0\sim 3.0\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上となっても副循環流の発生を防止し、低回転数で強い攪拌力を得ることができ、また混合時間も短縮できる堅型攪拌機を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、堅形円筒形の攪拌槽の中心に槽外から回転可能な回転軸を配置し、該軸の下部に、前記攪拌槽の底壁面と僅かな間隙を有して平板状のボトムパドルを装着し、前記ボトムパドルの上側に縦材と横材を格子状に組み合せた格子翼を装着し、前記攪拌槽の側壁面に、上下方向にのびる複数本の邪魔板を周方向に間隙を有して固着し、前記格子翼の外側部を全体として上方が先細形となるようにその下部から上部にかけて傾斜させた堅型攪拌機が提供される。

【0014】

【実施例】次に、本発明を実施例について、図面を参照しつつ、従来例と比較しながら説明する。図1は本発明の実施例に係る堅形攪拌機およびその攪拌槽内の軸方向

各位置における吐出流の強さ、上昇流強さを示した図である。円筒形の攪拌槽1の中心部に一部が槽上部へ突出し槽外から回転駆動される回転軸4が配置され、回転軸4に攪拌槽1の底壁面と僅かな間隙を有して平板状のボトムパドル5が装着され、このボトムパドル5の上位部分に縦材と横材からなる格子翼が設けられ、さらに攪拌槽1の内側壁に回転軸4と平行に上下にのびる複数本の邪魔板（バッフル）3が取り付けられていることは、図2、図3の従来例と同じであるが、本発明においては、格子翼が上方へ向うにつれてその外側部の回転半径が連続的に小さくなるように構成されている。

【0015】図示の実施例では、格子翼は外側および内側それぞれ2本ずつの縦材と、これらの縦材をその上端部および中間部で連結する2本の横材で構成され、各縦材の下端はボトムパドル5の上縁に固着されている。外側縦材の下端はボトムパドル5の外側部位置と一致しており、そこから上端へ向けて回転半径が漸減するように回転軸側へ傾斜しているが、内側縦材は回転軸と平行に真直状態で上下に延びている。なおこの実施例では槽1は図2の従来例と形状、大きさが同じであり、ボトムパドル5の回転半径 $R_{10}$ は図2のボトムパドル5の回転半径 $R_{20}$ より大きく、例えば $R_{20}$ の1.2～1.7倍とし、格子翼の上端の回転半径 $R_{10}$ は図2の格子翼の回転半径 $R_{20}$ と同じに設定してある。中間横材の回転半径は図2の中間横材と同一もしくはこれよりやや大きい。なお、上述のようにボトムパドル5の上部に格子翼が結合され、該格子翼の外側縦材が回転軸4側へ向って傾斜していることから、本実施例ではこの攪拌翼を傾斜結合攪拌翼と称する。

【0016】ここで、本発明の1つの形態によれば、ボトムパドル5の直径は攪拌槽1の内径 $D$ に対し $0.5\sim 0.9D$ とされる。また、本発明に係る前記傾斜結合攪拌翼の格子翼部分の上端の直径は、1例として、槽内径 $D$ に対し $0.3\sim 0.7D$ とされる。

【0017】図1および図5～図8を参照すれば、本発明の堅形攪拌槽1における処理物10の混合は、攪拌槽1内の液体中に浸漬するボトムパドル5と格子翼からなる傾斜結合攪拌翼の回転運動、それによって起こる液体の流動およびこの液体の旋回流動を上下流動に方向転換させる槽内壁に固定されたバッフル3の相互作用により行われる。

【0018】攪拌槽1の下部では、大形パドルであるボトムパドル5によって形成される強力な旋回吐出流が形成され、槽内壁側に旋回上昇流域、回転軸4側に下降流域が存在する。さらに、ボトムパドル5の上位に配置された格子翼部分では、図7に示すように、次の4つの流域A～Dが存在し、これらの相互作用によって高い混合性能を得ている。

(A) 旋回上昇流域（主上下循環流）

これはボトムパドル5で発生した旋回上昇流が槽内壁の

バッフル3によって旋回成分を上昇流に変換しながら内壁に沿って上昇する上昇流域である。

(B) 下降流域 (主上下循環流)

回転軸4に沿って下降する下降流域である。

(C) 渦流外向流域

格子翼前面に発生し、回転遠心力により吐出流となって格子翼域外に流出する外向流域である。

(D) 渦流内向流域

前記格子翼後面に発生し、縦材および横材の格子構造によって発生する渦流と内向流が存在する流域である。

【0019】これに対して従来の多段パドルタイプ、大形パドルタイプあるいは大形杵状翼タイプの攪拌装置においては、主として下部で発生させた旋回上昇流による単一上下循環流によって混合が行われる。例えば図4の杵状翼12の場合、下部の回転半径の大きい部分で大きな吐出流および旋回上昇流を発生させ、中間部では旋回吐出流と内向流をバランスさせることにより、短絡流を防止して、上昇流の保持を図り、杵状翼12の上面より下降流を発生させている。また、攪拌翼の回転半径を下部から上部にかけて減少させると共に、対向するバッフル3を下部から上部へ向けて増加させることで上昇流の強化を図っている。

【0020】一方、図2、図3に示す従来のボトムパドルと格子翼との結合翼タイプの攪拌機においては、下部大形パドルによる強力な吐出流に基づく上下循環流が主体であり、これは図4の従来例と同様であるが、異なる点はこのタイプの攪拌機は格子翼における渦流/混合流による内向/外向の短絡流を逆に利用しているため、上昇流が減衰しても一部が液面まで到達すればよく、他の翼と比較してより低い上昇流強さで均一混合ができることである。なお、図1(B)、図2(B)および図3

(B)において斜線を施した部分Sは格子翼の内側縦材8と横材9、11との内側格子による吐出力を示し、同図(B)の符号Tの部分は外側縦材7と横材9、11との外側格子による吐出力を表している。図2(C)にも示すように図2のパドル・格子結合翼では上昇流強さにおいて混合不良域Nが生じる。

【0021】ところで細長比 $H/D$ が1.5以上となる高液深の場合、あるいは高粘度液(例えば $2.0 \sim 3.0 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上)を対象とする場合、より強い吐出流強さが必要となる。吐出流強さ $F$ は翼半径 $R$ および翼回転速度 $\omega$ の2乗に比例する( $F \propto R \omega^2$ )が、回転速度 $\omega$ を増加させることにより、共廻りの増加や、過剪断あるいは剪断凝縮物の生成を起し易く、好ましくない。そこで、まず図2の翼形状と相似形に翼形状を大形化して翼半径 $R$ を増大させたのが図3に示す大形結合翼タイプである。このように翼回転半径を増加させることにより、ボトムパドルの吐出流は増加するが、同時に格子翼の渦流(外向/内向流)域も増大し、逆に旋回上昇流域は減少する。その結果、上部において槽底からの旋回上

昇流が格子翼からの外向流に押し切られることになり、図3のように攪拌翼の肩部に副循環流が発生し、混合性能を著しく低下させることになる。図3(A)のMの領域は(主循環流+副循環流)の生じている領域である。

【0022】本発明は、ボトムパドル部分の翼回転半径を増加させることで、回転速度を上げることなく該ボトムパドルによる吐出流強さを増大させ、格子翼を上端に向けて回転半径を減少させることにより、下部分の上昇流強さを確保し、さらに格子翼の内側縦材を図2と同じ10に回転軸と平行にして該回転軸に沿った一定の吐出力と下降流を維持するようにした。また、本発明では、流動パターンを示す図9(A)(後述)でも分るように短絡流による混合作用も利用しているので、下部から上部に向っての上昇流強さの減少は他の翼に比べてより大きくてもよく、図4のようにバッフル3の幅を下部から上部にかけて増加させる必要はなく、したがって図2、図3の攪拌槽をそのまま利用できる。

【0023】高液深における図2のパドル・格子結合翼、図3の大形結合翼および図1に示す本発明の傾斜結合翼における吐出流の強さ、上昇流の強さ、流動パターンを模型的に比較して示したのが図9(A)~(D)である。図9(B)は図2に示す従来の結合翼の場合、同図(C)は図3の従来の大形結合翼の場合、同図(D)は図4の従来の杵状翼による攪拌槽の場合である。図2の結合翼の場合はボトムパドルの吐出力が不足しているため、液面付近での混合性能が悪くなっている。さらに、図3の場合には翼回転半径を大としたことにより、十分な吐出力および上昇流は得られるものの、上部の格子翼の肩部に副循環流が発生し、混合性能を低下させている。これに対し図9(A)の本発明の場合にはこのような副循環流が消滅し、主循環流のみとなっているのが分る。

【0024】図10および図11は、トレーサ法によって攪拌槽内の液循環時間分布を、図3で説明した従来の大形結合攪拌翼と本発明の場合とで比較して示した図である。図10の大形結合翼の場合、分布のピークが2~3箇所見られる。これは副循環流の発生を示唆しており、混合性能を著しく低下させている。一方、図11の本発明の場合は、分布のピークが1箇所のみとなり、その高さも高くなっている。これは副循環流が消滅して1つの主循環流のみとなったことを示しており、混合時間も短縮化されているのが分る。

【0025】図12に、槽内径(直径)310mm、 $H/D=1.86$ の高液深攪拌槽における各種攪拌翼形状とそれに対する混合性能を比較して示した。図2の結合攪拌翼(図12ではNo. 2)を基準に各翼を比較すると、No. 1の5段45°傾斜パドル翼の場合、混合時間はNo. 2とほぼ同じ(10~15秒)であるが、回転速度は200rpmと速くなっている。No. 3の大形結合翼(図3)の場合は、回転数Nは低くなるが、混

合時間は10～15秒からわずかに低下し、9～12秒となっている。これに対してNo. 4の本発明の傾斜結合攪拌翼では、回転数Nが最も低く、かつ、混合時間も4～5秒とほぼ半減している。動力Pvはいずれも変わらない。

#### 【0026】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、攪拌槽底部近くの平板状パドル翼を大形とし、これに結合される格子翼を上方へ向けて回転半径が漸減するようにしたので、細長比 $H/D$ が1.5以上のものでも攪拌翼の回転数を上げることなく液の共廻りを防止でき、大形ボトムパドルによる強い吐出流を確保できる。また格子翼の外側部が先細形に傾斜していることから、副循環流の発生も防止でき、したがって副循環流の滞留部に生じる凝集物／付着物が低減でき、混合性能（均一性、混合時間）を著しく向上させることができた。このように本発明の堅形攪拌機により、製品の品質、生産性および操業安定性の向上を達成できる効果がある。本発明は上述のような細長比の大きいものだけでなく、高粘度液体に対しても有効に適用できることは勿論である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る堅形攪拌機およびその攪拌槽内の軸方向各位置における吐出流の強さ、上昇流強さを示した図である。

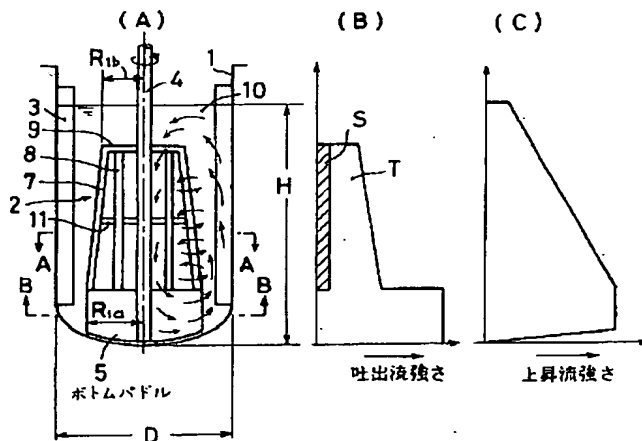
【図2】従来のパドル・格子結合攪拌機をもつ堅形攪拌機を示した図1と同様の図である。

【図3】従来の大形パドル・格子結合翼をもつ堅形攪拌機を示した図1と同様の図である。

【図4】従来の枠状攪拌翼をもつ堅形攪拌機を示した図\*

30

【図1】



\* 1と同様の図である。

【図5】図1のA-A線に沿った横断面図である。

【図6】図1のB-B線に沿った横断面図である。

【図7】図1のA-A線に沿って取った液の槽内流域を示す横断面図である。

【図8】図1のB-B線に沿って取った液の槽内流域を示す横断面図である。

【図9】攪拌槽における流動形態を本発明と図2、図3および図4の従来の場合とを比較して模型的に示した図である。

【図10】図3に示す攪拌機における攪拌槽内の液循環時間分布を示す図である。

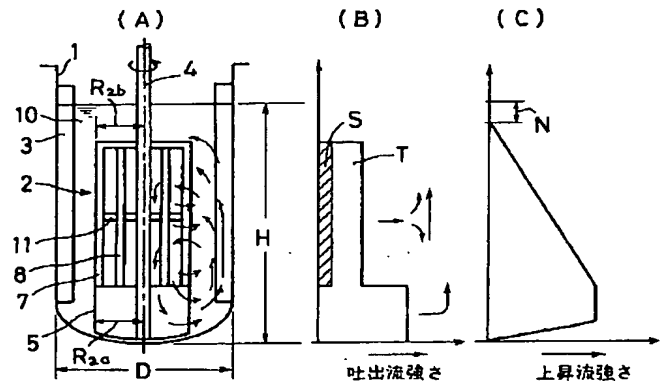
【図11】本発明における攪拌槽内の液循環時間分布を示す図である。

【図12】各種の高液深攪拌槽における混合性能を比較して示した図である。

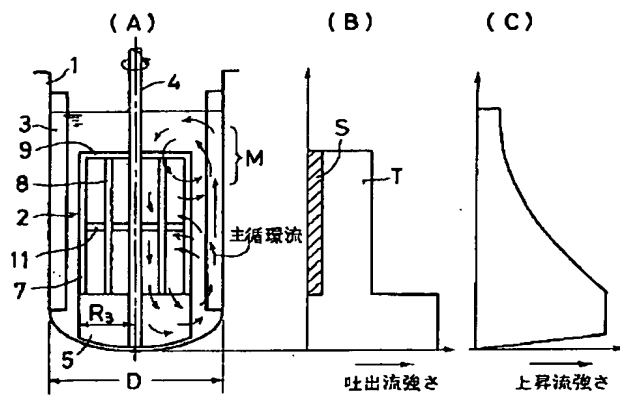
#### 【符号の説明】

- 1 攪拌槽
- 2 攪拌翼
- 3 バッフル
- 4 回転軸
- 5 ボトムパドル
- 7 外側縦材
- 8 内側縦材
- 9 上部横材
- 10 処理物
- 11 中間横材
- D 攪拌槽内径
- H 液深

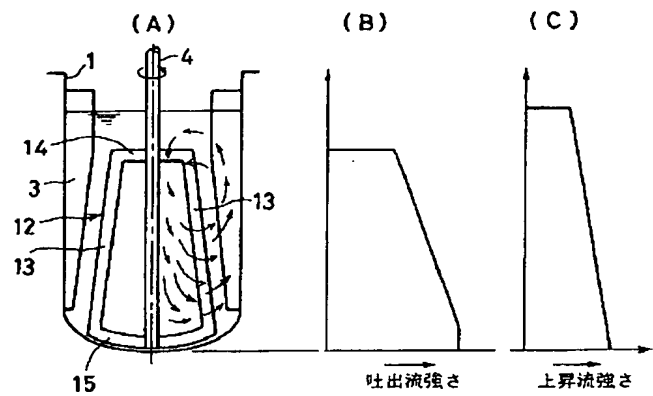
【図2】



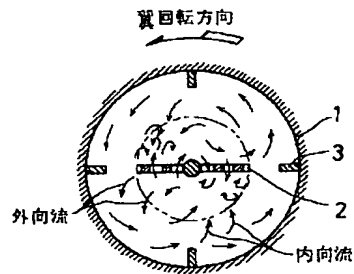
【図3】



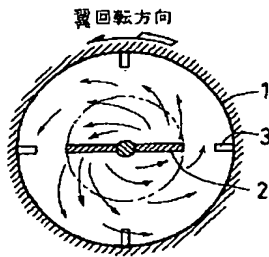
【図4】



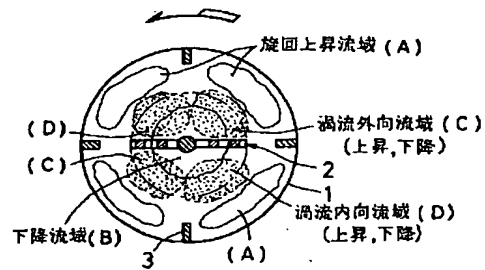
【図5】



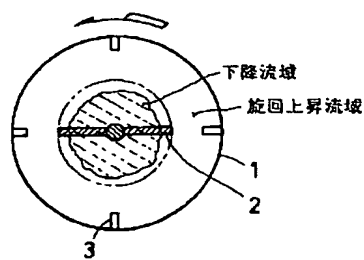
【図6】



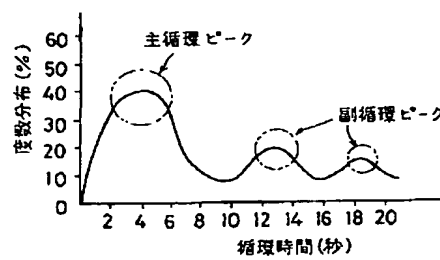
【図7】



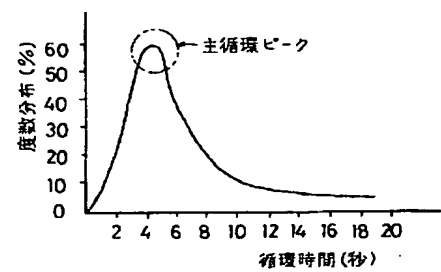
【図8】



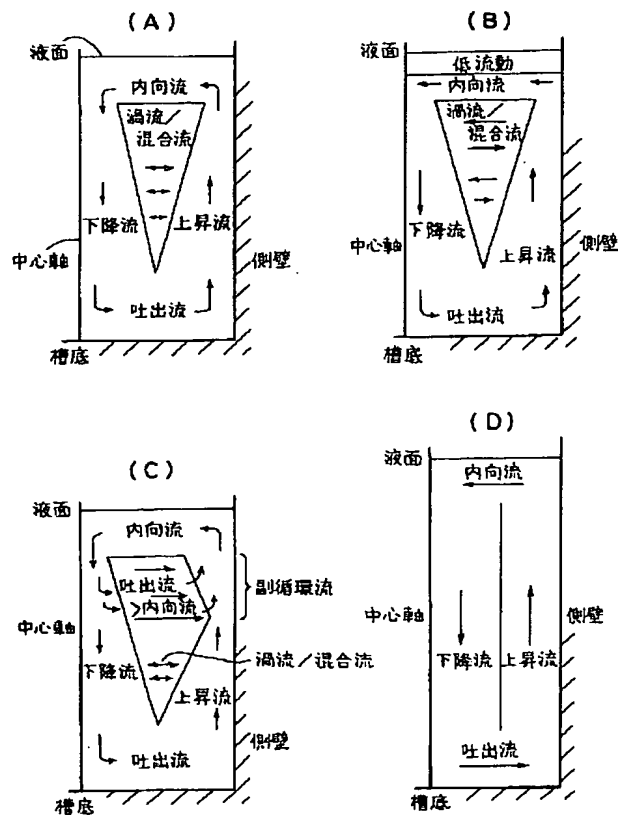
【図10】







【図11】



【図9】



【図12】

No.	翼形状	翼名称	翼径 D (mm)	回転数 N (rpm)	動力 P <sub>v</sub> (kw)	混合時間 (sec)
1		45°傾斜 パドル翼 (5段)	168	200	0.4	10~15
2		パドル格子 結合翼	165	160	0.4	10~15
3		大形 結合翼	205	137	0.4	9~12
4		傾斜 結合翼	トップ 120 ボトム 205	135	0.4	4~5

フロントページの続き

(72)発明者 古藪 幸夫  
愛媛県東予市今在家1501番地 住友重機械  
工業株式会社東予製造所内